

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дипломному проектированию
«Сетевые методы планирования технической подготовки производства»
для студентов всех форм обучения
машиностроительного факультета

Утверждено редакционно-
издательским советом института,
протокол №

Харьков
НТУ «ХПИ»

2011

Методические указания по дипломному проектированию «Сетевые методы планирования технической подготовки производства» для студентов всех форм обучения машиностроительного факультета / Сост. Р. Ф. Смоловик. – Х.: НТУ «ХПИ», 2011. – 50 с. – На рус. яз.

Составитель Р. Ф. Смоловик

Рецензент *Ершова Н.Ю.*

Кафедра экономического анализа и учета

ВВЕДЕНИЕ

Управление комплексным процессом технической подготовки производства новых видов изделий и целых систем осуществляется в условиях многообразной как внешней, так и внутренней кооперации труда. В связи с этим возникает целый ряд сложных задач взаимосвязи всего комплекса работ по технической подготовке производства; определения сроков выполнения работ по отдельным этапам; длительности производственного цикла всего изделия; определения всех видов ресурсов; оптимизации сроков выполнения работ и минимизации затрат на их производство.

Для решения указанных задач широкое применение находят в промышленности сетевые методы планирования и управления (СПУ), с помощью которых обеспечивается возможность достижения как минимальной продолжительности выполнения всего объема работ по проектированию, изготовлению изделия, так и минимальных затрат на его производство. Использование метода СПУ позволяет непрерывно управлять процессом выполнения всех видов работ с использованием периодически поступающей информации от ответственных исполнителей, предупреждающих возможность возникновения чрезвычайных ситуаций, отклонений от намеченных сроков выполнения работ. Система СПУ позволяет также своевременно принять решения для обеспечения выполнения всех видов работ в запланированные сроки. Причем, внимание и усилия руководителей рассредоточиваются не на множестве различных работ, а направляются только на те, из них, которые будут влиять на решение указанных задач. Причем, все расчеты по корректировке проекта, расчет сроков выполнения работ, определение возможных

резервов времени осуществляются с применением ЭВМ, что значительно сокращает время и затраты, необходимые для реализации задач технической подготовки нового вида изделия.

В связи с этим целью данных методических указаний является оказание помощи студенту в процессе построения и оптимизации сетевой модели технической подготовки производства новых видов изделий.

Техническая подготовка производства (ТПП) на машиностроительных предприятиях охватывает всю совокупность работ по проектированию и внедрению новых и совершенствованию существующих конструкций машин, технологических процессов и их технологического оснащения.

Важнейшей задачей ТПП является всемерное повышение технического уровня производства, обеспечение процесса постоянного совершенствования конструкций выпускаемых изделий, что создает условия для повышения эффективности общественного производства, улучшения технико-экономических показателей работы предприятий и их производственных подразделений.

В связи с этим планирование технической подготовки производства должно охватывать все стадии и этапы, включая как разработку частных планов выполнения работ, так и их взаимосвязь путем составления сложной сетевой модели планирования и управления (СПУ).

Поскольку подготовка производства новых видов изделий может осуществляться на разных уровнях: международном, отраслевом, межотраслевом, на уровне предприятия, то планирование технической подготовки производства может иметь разную степень детализации.

В процессе планирования технической подготовки производства особо сложных изделий разрабатывается самостоятельная целевая программа, включающая работы, выполняемые всеми организациями-соискателями.

Она также предусматривает ресурсное обеспечение всех видов выполняемых работ.

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Планирование технической подготовки производства нового вида изделия, или его модернизации в дипломном проекте может осуществляться двумя методами:

- на основе разработки ленточного графика Ганта (линейного);
- с использованием метода сетевого планирования и управления (СПУ).

В линейных графиках в директивном порядке должны быть представлены данные: последовательность этапов выполнения работ, их продолжительность, трудоемкость работ, фронт работ, ответственные исполнители. На основе исходных данных определяется общий срок выполнения технической (конструкторской) подготовки производства.

Однако линейные методы планирования в условиях ТПП сложных изделий не позволяют определить: взаимосвязь работ, входящих в сложную систему; выявить наиболее важные из них, влияющие на продолжительность ТПП; не имеют возможности управлять всем процессом ТПП в случае возникновения экстремальных ситуаций.

В связи с этим наиболее эффективным методом планирования ТПП считается метод СПУ. В процессе использования, которого на любой проектируемый объект создается его модель, которая затем рассчитывается с целью получения оптимальных вариантов.

Приступая к анализу действующих нормативов по технической подготовке производства, необходимо исходить из того, что техническая подготовка производства призвана обеспечить развитие технического прогресса в машиностроительной отрасли промышленности при максимальном сокращении трудовых и материальных ресурсов, минимальной себестоимости изделий, всемерного сокращения трудоемкости всех этапов проектирования новых конструкций от этапа научного поиска до внедрения их в производство.

При этом необходимо учитывать, что планирование технической подготовки производства не только дает возможность определить ее продолжительность, рассчитать начальные и конечные сроки каждого

определенного этапа производства.

В процессе разработки и анализа стадий технической подготовки производства студент должен исходить из стандартов ЕСКД и ЕСТПП, устанавливающих следующие стадии разработки конструкторской документации: техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочая документация. Содержание указанных этапов определяется конкретно для каждого проекта.

При планировании технической подготовки производства необходимо исходить из объема и трудоемкости работ по каждому этапу, которые определяются при помощи нормативов (см. Приложение 1).

В связи с этим в станкостроительной промышленности затраты труда на конструкторские работы рассчитывают по укрупненным или дифференцированным нормативам. Объектом (единицей) укрупненного нормирования для технического и рабочего проекта является «условная деталь», а для технического задания, технического предложения и эскизного проекта – на изделие в целом. Объектом дифференцированного нормирования служит узел, механизм или «условная деталь».

Основными параметрами, влияющими на объем и трудоемкость технической подготовки, являются: технико-экономическая характеристика изделия, тип производства, сложность, новизна, степень преемственности, унификация, серийность изделия.

Число оригинальных деталей в новом изделии, намеченном к освоению, может быть установлено в зависимости от его конструктивной сложности. Для этого изделия данной отрасли разбивают на группы конструктивной сложности с указанием числа оригинальных деталей.

На основании данных о количестве оригинальных деталей и их распределении по степени сложности можно установить объем конструкторской и технологической документации. По степени новизны все проектируемые изделия подразделяются на пять групп. По степени сложности объекты конструирования делятся на пять групп от А до Д. Аналогичным образом все объекты конструирования подразделяются по степени серийности, по габаритности, по классу точности. Последние три фактора учитывают, умножая данные укрупненного или дифференцированного планирования на соответствующие поправочные коэффициенты.

В качестве единицы измерения, чаще всего, принимается «условная

деталь». Целесообразность выбора такой единицы диктуется тем, что она наиболее полно и комплексно отражает объем проектных работ и влияние на него такого важного фактора, как характеристика деталей, входящих в проектируемое изделие (оригинальные, унифицированные и т.д.).

Для перевода различных видов деталей в «условные» предусмотрены соответствующие коэффициенты (табл. 1).

Таблица 1. Коэффициенты перевода деталей в «условные детали»

Род деталей	Переводные коэффициенты
Оригинальная деталь, не являющаяся сварной, литой или корпусной	1,0
Корпусные детали, служащие для узлового монтажа большого количества оригинальных деталей:	
при весе детали до 100 кг	10
от 100 до 500 кг	13
от 500 до 1000 кг	17
от 1 до 3 т	22
от 3 до 10 т	27
от 10 до 20 т	33
от 20 до 40 т	40
от 40 до 70 т	48
от 70 до 100 т	60
свыше 100 т	75
Литые и сварные детали корпусного типа	4
Деталь, применяемая из другого изделия	0,2

Нормативы трудоемкости работ по технологической подготовке производства необходимы в том случае, если определяют продолжительность этапов по проектированию технологических процессов и по проектированию оснастки.

Для нормирования работ по проектированию технологических процессов подлежащие изготовлению детали распределяют по группам технологической сложности в соответствии с числом обрабатываемых поверхностей, их взаимным расположением и другими признаками. По каждой группе устанавливают нормативы затрат по отдельным видам работ: проектирование технологического процесса, составление спецификаций, оснастки, нормирование и т.д.

Для нормирования работ по проектированию оснастки ее также разделяют на группы сложности. Так, в станкостроении приспособления для механической обработки, штампы разделены на 14 групп сложности; режущий, вспомогательный, мерительный инструмент – на 10 групп. Для каждой группы установлены нормативы затрат.

Трудоемкость проектирования оснастки во многом зависит от коэффициента технологической оснащенности, который определяется отношением количества специальной оснастки, необходимой для изготовления изделий, к числу оригинальных деталей. Коэффициенты технологической оснащенности, применяемые в станкостроении, приведены в табл. 2.

Количество отдельных видов специальной технологической оснастки, которое подлежит проектированию и изготовлению при подготовке нового изделия, может быть определено путем умножения количества наименований оригинальных деталей в осваиваемом изделии на коэффициент оснащенности.

Таблица 2. Коэффициенты технологической оснащенности

Вид оснастки	Тип производства					
	единичное (1-10)	мелко- серийное (11- 50)	средне- серийное (151-400)	крупносерийное		
				401- 1200	1201- 3600	более 3600
Приспособления	0,08	0,20-0,3	0,4-0,8	0,1-1,4	1,3-2,0	1,6-2,2 и более
Специальный режущий инструмент	0,04-0,08	0,15-0,25	0,25	0,3-0,5	0,5-0,7	0,9 и более
Специальный измерительный инструмент	0,09-0,20	0,2-0,35	0,40	0,4-0,8	1,0-1,2	1,5
Специальный вспомогатель- ный инструмент	0,02	0,05-0,1	0,15	0,2-0,4	0,5-0,6	0,8
Штампы	-	-	0,10	0,2	0,3-0,4	0,5 и более

*) В скобках указано число станков одной модели в годовом выпуске.

Например, новое изделие содержит 900 наименований деталей, из которых 500 – оригинальные. Коэффициент оснащенности для данного типа

производства – 0,56. Если данному коэффициенту оснащенности (по нормативам) соответствуют следующие соотношения видов оснастки: приспособления – 51%, штампы – 11%, пресс-формы – 8%, прочие инструменты – 30%, то общее количество требуемой оснастки может быть определено путем умножения коэффициента оснащенности на количество оригинальных деталей, т.е. $0,56 \times 500 = 280$ единиц оснастки. Из них в зависимости от процентного соотношения по видам оснастки требуется спроектировать: приспособлений $\frac{280 \cdot 51}{100} = 142$ ед.; инструментов $\frac{280 \cdot 30}{100} = 84$ ед.; штампов $\frac{280 \cdot 11}{100} = 31$ ед.; пресс-форм $\frac{280 \cdot 8}{100} = 23$ ед.

Если укрупненная норма на конструирование приспособления составляет 20 нормо-ч. на единицу, тогда общая трудоемкость конструирования составит: $142 \times 20 = 2840$ нормо-ч. При условии выделения на эту работу 10 конструкторов и при выполнении ими нормы на 105%, продолжительность времени конструирования при 7-часовом рабочем дне составит:

$$2840 : (10 \cdot 7 \cdot 1,05) = 39 \text{ дней.}$$

Нормативы трудоемкости конструкторских и технологических работ во многих случаях могут определяться при помощи вероятностных методов. Они применимы тогда, когда отсутствует практический опыт выполнения данной работы. Такой метод заключается в том, что ведущий специалист (или несколько экспертов) дают три оценки трудоемкости данной работы: оптимистическую (минимальную) – T_{\min} , пессимистическую (максимальную) – T_{\max} и наиболее вероятную – $T_{\text{вер}}$. Тогда ожидаемая трудоемкость работы может быть определена:

$$T_{\text{ож}} = \frac{T_{\min} + 4T_{\text{вер}} + T_{\max}}{6} \quad \text{или} \quad T_{\text{ож}} = \frac{3T_{\min} + 2T_{\text{вер}} + T_{\max}}{5}$$

Полученные данные о трудоемкости являются исходными для построения графика технической подготовки производства (табл. 3).

Таблица 3. Содержание этапов ТПП

№ событий	Содержание событий	Фронт работ, чел.	Трудоемкость, час. (дни)	Исполнитель	Примечание
1	Составление технического задания	4	145	СКБ АС	
2	Технико-экономический обзор существующих конструкций и т.д.	5	135	СКБ АС	

Непременным условием построения сетевого графика является максимальное совмещение (параллельность) во времени выполнения отдельных этапов работы:

$$K_{нар} = \frac{T_n}{T_{nn}},$$

где T_n – продолжительность всех этапов технической подготовки при последовательном выполнении работ;

T_{nn} – то же самое при параллельно-последовательном выполнении, работ.

Длительность работ по каждому этапу ($t_{эм}$) определяется в рабочих днях, исходя из трудоемкости работ и числа исполнителей (фронт работ) по формуле:

$$t_{эм} = \frac{T}{R \cdot t_p \cdot K_\epsilon} K_\alpha,$$

где T – трудоемкость работ, нормо-ч (дни);

R – количество исполнителей;

t_p – средняя продолжительность рабочего дня, час;

K_ϵ – средний коэффициент перевыполнения норм;

K_α – коэффициент, учитывающий затраты времени на согласование работ (1,1 – 1,2).

Имеющиеся данные о трудоемкости и установленная

последовательность выполнения работ позволяют приступить к планированию технической подготовки производства на основе сетевой модели (рис. 1).

По согласованию с консультантом студент может проектировать не весь комплекс работ по технической подготовке, а один из его этапов. Причем планирование выбранного комплекса работ может производиться с помощью как линейного, так и сетевого графиков.

Линейные графики просты и универсальны. В них в директивном порядке студент должен указать последовательность этапов, фронт работ, ответственных исполнителей, продолжительность работ и на их основе определить графически длительность цикла технической подготовки производства (T_u) и рассчитать коэффициент параллельности выполнения работ (K_n) по формуле:

$$K_n = \frac{T_n}{T_{nn}}$$

где T_n – продолжительность технической подготовки производства при последовательном выполнении всех видов работ;

T_{nn} – продолжительность технической подготовки производства при параллельно-последовательном выполнении всех видов работ.

Однако студент должен учитывать, что линейные графики в применении к сложным разработкам обладают рядом недостатков: не позволяют определить наиболее важные работы, влияющие на продолжительность цикла технической подготовки производства; не отражают взаимосвязи всех работ, входящих в комплекс, и, самое главное, не позволяют выбрать оптимальный вариант управления технической подготовкой производства.

Указанные недостатки линейных графиков устраняются сетевыми методами планирования и управления. Студент должен исходить из того, что сетевые методы планирования дают возможность заранее планировать последовательность и взаимозависимость работ, следить за их выполнением; выявлять и устранять все появляющиеся в процессе выполнения ТПП

возможные негативные производственные ситуации; задержки, находить скрытые резервы и использовать их для выполнения работ в кратчайший срок; либо для получения максимальной экономии ресурсов при заданном сроке технической подготовки производства; получить экономически обоснованный ответ на самые важные вопросы, при координации нескольких взаимосвязанных работ.

Студент должен обратить внимание на тот факт, что метод сетевого планирования, даже в случае применения ручного счета параметров сети, обеспечивает немалое сокращение затрат времени, необходимых для расчета длительности цикла технической подготовки производства. Одно из важнейших преимуществ этого метода в том и состоит, что он не только позволяет применять для расчетов ЭВМ, но специально создан в расчете на их самое широкое применение. Трудно предположить, что разработанный и обчисленный студентом план координации работ будет действовать в течение всего времени их выполнения.

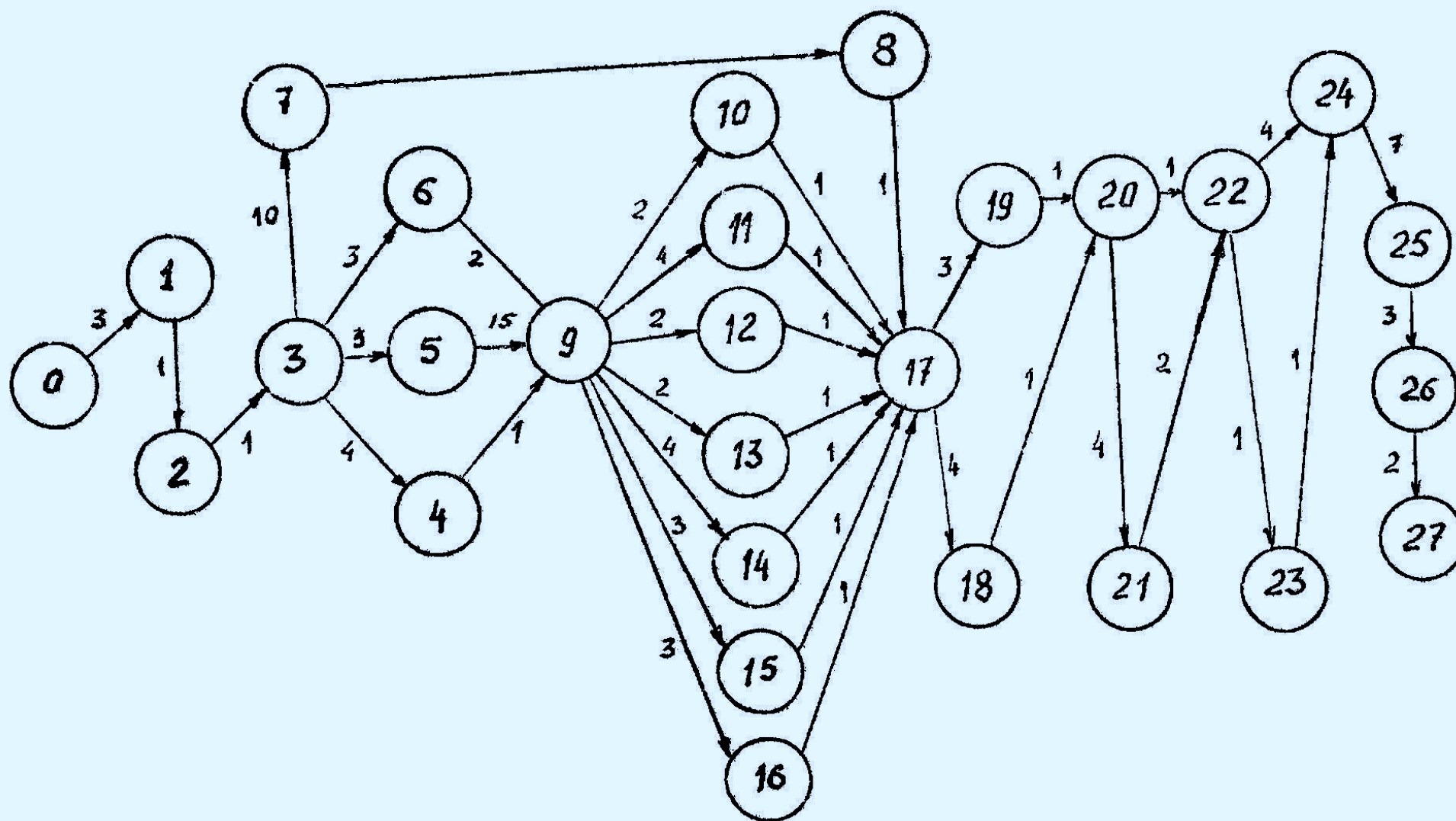


Рис. 1. Сетевая модель подготовки производства

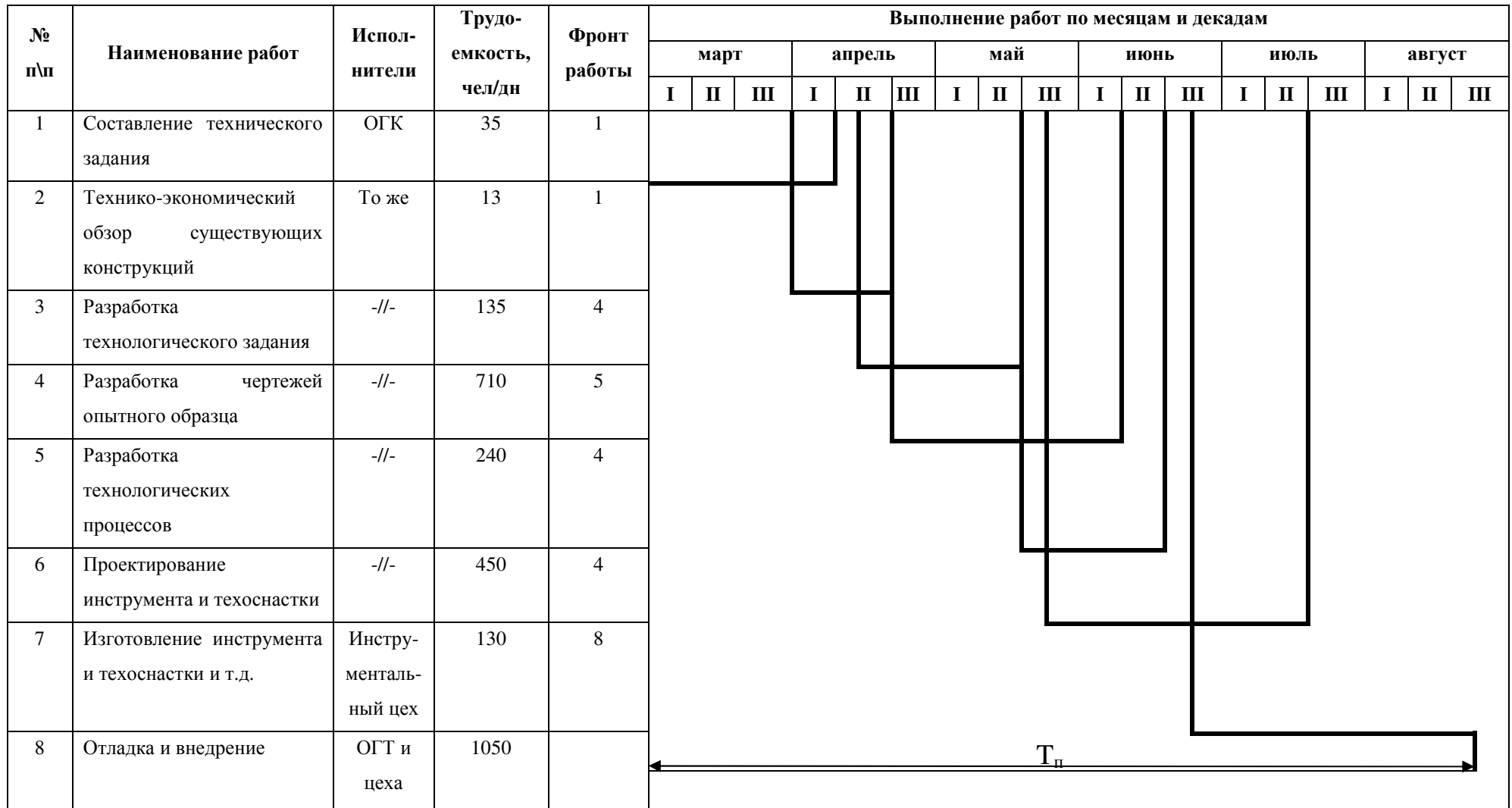


Рис. 2.

Как правило, в процессе производства по тем или иным причинам, могут изменяться сроки выполнения отдельных работ. В этом случае при обычных методах координации работ требуется производить все расчеты и строить линейный график заново. При использовании сетевого графика появляется возможность оперативно рассчитывать все изменения, возникающие в сетевой модели, вводя в ЭВМ только данные о произошедших изменениях. Причем сетевой график студент может строить как на «языке работ», так и на «языке событий».

2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ И ЕЁ ЭЛЕМЕНТЫ

Сетевая модель технической подготовки производства нового вида изделия представляет собой графическое изображение элементов ее производственного процесса и взаимосвязей между ними.

Поскольку сетевая модель может строиться как на «языке работ», так и на «языке событий», то необходимо учитывать особенности их построения на основе составных элементов.

В сетевой модели на «языке работ» кружком обозначается сам процесс выполнения работы. Кружок делится пополам: в верхней части проставляется номер работы по порядку ее выполнения, в нижней – ее продолжительность (рис. 3).

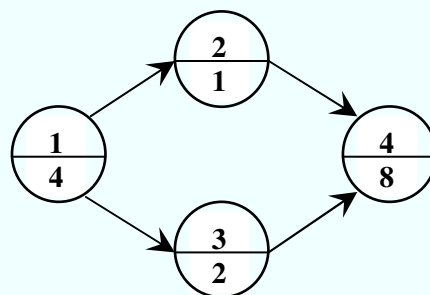


Рис. 3. Элементы сетевой модели на «языке работ»

Кружки соединяются стрелками, которые указывают на логическую взаимосвязь работ. В математической терминологии стрелка является

квазивектором, т.е. вектором, длина и направление которого не имеют значения. Это обусловлено тем, что в сетевом графике значение имеет только относительное положение каждой стрелки, но, ни в коем случае не ее длина и не ее направление. Построение графика осуществляется путем соединения стрелок. Логическая функция стрелок определяется так: работа «2» может быть выполнена только после окончания работы «1»; работа «4» может быть выполнена только после выполнения работы «2» и работы «3».

В сетевой модели на «языке событий» кружком обозначается «событие» - результат, то есть факт выполнения данной работы и возможность начала последующей. Стрелка обозначает сам процесс выполнения работы, а цифра, стоящая над ней, указывает на продолжительность ее выполнения (рис. 4).

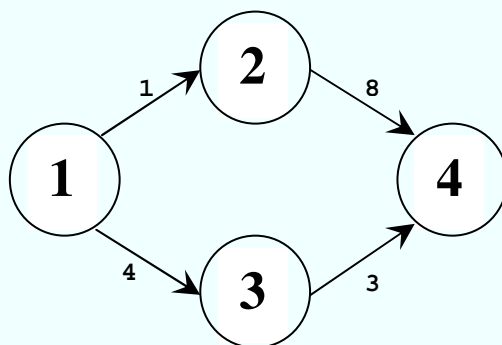


Рис. 4. Сетевая модель на «языке событий»

При построении сетевого графика технической подготовки производства необходимо обратить внимание на тот факт, что студент должен различать смежные, параллельные и фиктивные работы. Причем, если пара последовательных работ имеет общую вершину, то они будут считаться смежными. Так, работы «1-2» и «2-3» будут смежными (рис. 5а).

Работы, выходящие или входящие в одну вершину, являются параллельными; такими работами являются работы «1-2»; «1-3»; «1-4» (рис. 5б).

Особое внимание при построении сетевого графика студент должен обратить на фиктивные работы, не требующие для своего выполнения ни времени, ни ресурсов, а указывающие на взаимосвязь событий и на тот факт, что результат, отображенный в событиях предшествующих, строго необходим

для выполнения события последующего.

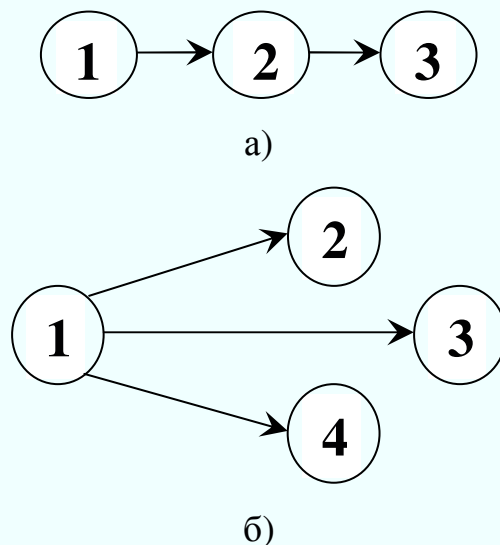


Рис. 5. Смежные и параллельные работы

Так, событие «4» может начинаться только в том случае, если выполнены все предшествующие события (рис. 6). Работы «1-4»; «2-4»; «3-4» – фиктивные.

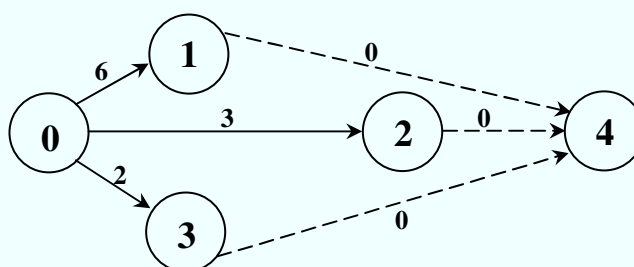


Рис. 6. Фиктивные работы в сетевой модели

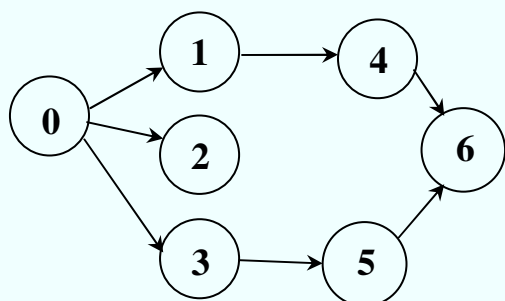
Фиктивные работы в сетевой модели обозначаются пунктирными линиями.

При построении сетевой модели необходимо соблюдать следующие правила:

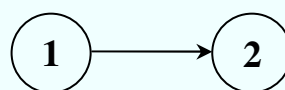
1. Все события, входящие в сетевую модель, должны быть взаимосвязаны, что обеспечивает строгое выполнение всех работ без исключения. Следовательно, в графике не может быть ни одной работы, не взаимосвязанной с другими работами, т.е. не может быть события «2» (рис. 7а), наступление которого не означало бы окончания, по крайней мере, одной работы и одновременной возможности начала другой. Исключение составляют начальное и конечное события.

2. Два события в сетевой модели должны соединяться только одной стрелкой (рис. 7б).

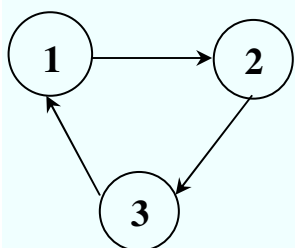
3. В сетевом графике не должно быть замкнутых циклов и контуров, подобных изображенным на рис. 7в, г.



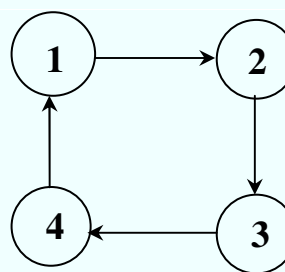
а)



б)



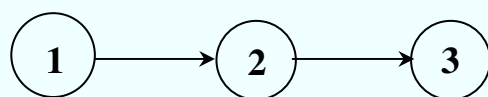
в)



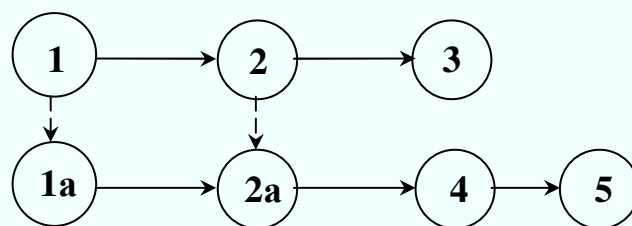
г)

Рис. 7. Правила построения сетевой модели

4. Если выполнение части предшествующей работы может служить началом одной или нескольких последующих работ, следует рассматривать первую работу как совокупность двух (или более) последовательных работ и перестроить график, используя дополнительные события и фиктивные работы (рис.8 а, б).



а)



б)

Рис. 8. Перестройка сетевой модели

Для любого комплекса работ, для которого разрабатывается сетевая модель, всегда существует множество различных вариантов решений, определяющих последовательность выполнения работ. Построение сетевой модели дает возможность для оценки и сравнения различных решений и выбора наилучшего из них. В связи с этим, прежде чем составлять сетевую модель (рис. 9), студент должен заполнить таблицу – расшифровку событий, коды работ и их продолжительности (табл. 4). Например: построить сетевую модель для обработки и сборки изделия, состоящего из двух узлов.

Таблица 4. Расшифровка содержания событий.

№ события	Содержание события	Код работ	№ события последующего	Продолжительность работ, часы (день, месяц)	Примечание
1	Изготовление детали для узла №1 закончено	0-1	3	12	
2	Изготовление детали для узла №2 закончено	0-2	4	10	
3	Сборка узла №1 закончена	1-3	5	15	
4	Сборка узла №2 закончена	2-4	4	20	
5	Сборка изделия начата	3-4 3-5	6	0 0	
6	Сборка изделия закончена	6	—	5	

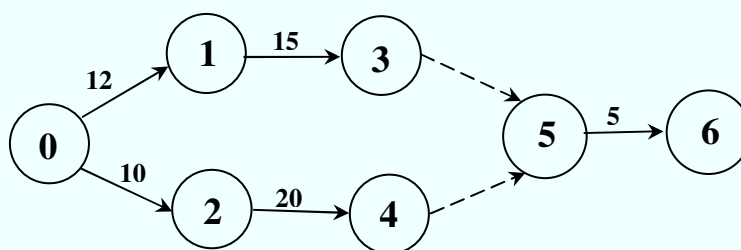


Рисунок 9. Сетевая модель изготовления и сборки изделия, состоящего из двух узлов

Построенный на основе исходных данных сетевой график представляет

собой модель комплекса работ, который может быть превращен в действующую модель, если ввести в него фактор времени и взаимосвязанные с ним параметры.

После построения сетевой модели студент должен найти наибольший по своей продолжительности путь выполнения данного объема работ – критический путь ($\lambda_{кр}$) и произвести его оптимизацию, заключающуюся в сокращении длины критического пути. Длина критического пути может быть уменьшена путем сокращения продолжительности только критических работ, лежащих на данном пути. При сокращении длины критического пути необходимо соблюдать следующие правила:

1. Если критическая работа не имеет параллельных себе некритических работ, то сокращение ее продолжительности на определенную величину приводит к сокращению длины критического пути на точно такую же величину. Однако, в данном случае критическая работа может быть сокращена только путем привлечения дополнительных материальных и людских ресурсов, что приводит к увеличению стоимостных параметров сети.
2. Если критическая работа имеет параллельные себе некритические работы, то ее продолжительность может быть сокращена на минимальный резерв по параллельным ей некритическим работам.
3. Продолжительность критического пути может быть сокращена только на минимальный суммарный резерв по параллельным ему некритическим путям.

Если в процессе оптимизации выполнять указанные правила и сокращать длину критического пути или работ на больший резерв времени, то может произойти полная перестройка сетевого графика и появится новый, или несколько новых критических путей. В связи с этим для оптимизации сетевой модели необходимо иметь четко фиксированные моменты начала и окончания (раннего и позднего) всех работ в сетевой модели и величину резервов времени, то есть иметь расчетные характеристики сетевой модели:

- продолжительность каждой работы;

- продолжительность критического пути;
- резервы времени по работам.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАННИХ ДОСТИЖИМЫХ ($t_i^{(0)}$) И ПОЗДНИХ ДОПУСТИМЫХ (t_i') СРОКОВ СВЕРШЕНИЯ СОБЫТИЙ

Для процесса оптимизации сетевой модели необходимо использовать следующие обозначения:

$t_i^{(0)}$ – ранние достижимые сроки свершения событий;

t_i' – поздние допустимые сроки свершения событий;

t_{ij} – продолжительность работ.

При определении ранних сроков свершения событий сетевой модели (рис. 10) принимается условие, что ранний срок свершения нулевого события равен нулю:

$$t_i^{(0)} = 0.$$

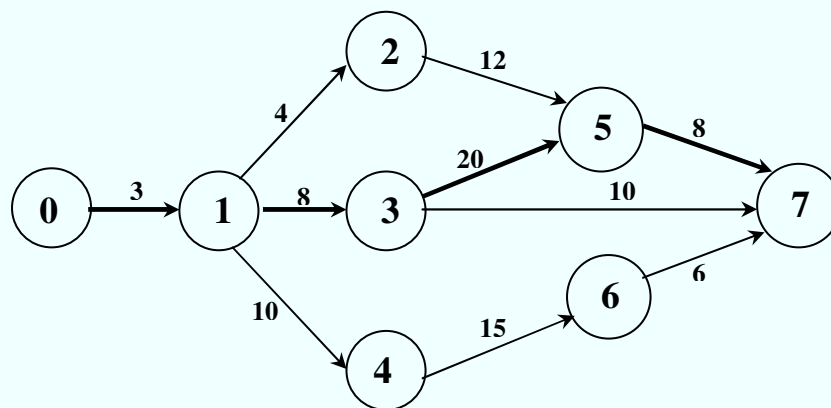


Рис. 10. Критический путь сетевой модели

Тогда ранний срок каждого последующего события ($t_j^{(0)}$) будет равен раннему сроку свершения события предшествующего ($t_i^{(0)}$) плюс продолжительность последующей работы (t_{ij}):

$$t_j^{(0)} = t_i^{(0)} + t_{ij}.$$

Определяем ранние сроки свершения событий:

$$\begin{aligned}
t_1^{(0)} &= t_0^{(0)} + t_{0-1} = 0 + 3 = 3; \\
t_2^{(0)} &= t_1^{(0)} + t_{1-2} = 3 + 4 = 7; \\
t_3^{(0)} &= t_1^{(0)} + t_{1-3} = 3 + 8 = 11; \\
t_4^{(0)} &= t_1^{(0)} + t_{1-4} = 3 + 10 = 13 \text{ и т.д.}
\end{aligned}$$

Необходимо обратить внимание на то, что если последующее событие имеет несколько предшествующих, то необходимо определить ранний срок его свершения от всех предшествующих работ и выбрать наибольший. Так, ранний срок свершения события «5» равен 31 дню:

$$\begin{aligned}
t_5^{(0)} &= t_2^{(0)} + t_{2-5} = 7 + 12 = 19; \\
t_5^{(0)} &= t_3^{(0)} + t_{3-5} = 11 + 20 = 31; \\
t_6^{(0)} &= t_4^{(0)} + t_{4-6} = 13 + 15 = 28; \\
t_7^{(0)} &= t_5^{(0)} + t_{5-7} = 31 + 8 = 39; \\
t_7^{(0)} &= t_3^{(0)} + t_{3-7} = 11 + 10 = 21; \\
t_7^{(0)} &= t_6^{(0)} + t_{6-7} = 28 + 6 = 24.
\end{aligned}$$

Таким образом, самый ранний срок наступления j -го события может быть определен по формуле:

$$t_j^{(0)} = \max(t_i^{(0)} + t_{ij})$$

После определения ранних сроков свершения событий, необходимо найти поздние допустимые сроки их свершения; причем учитывать, что поздним допустимым сроком будет такой, при котором длина критического пути не изменяется.

Для расчета поздних сроков свершения событий, необходимо сначала определить ранние сроки свершения событий при обратном счете ($t_i^{обп}$) – зеркальном отображении сетевого графика. А затем из продолжительности критического пути ($\lambda_{кр}$) вычесть ранние сроки свершения событий при обратном счете сетевой модели ($t_i^{обп}$).

Поздний срок свершения событий (t_i') равен:

$$t_i' = \lambda_{кр} - t_i^{обп}.$$

При расчете ранних сроков свершения событий при обратном счете сетевой модели необходимо учесть новое условие: что ранний срок последнего события равен нулю, а затем аналогично расчету ранних сроков определить

ранние сроки свершения событий при обратном счете ($t_i^{обп}$):

$$\begin{aligned}
 t_7^{обп} &= 0; \\
 t_6^{обп} &= t_7^{обп} + t_{7-6} = 0 + 6 = 6; \\
 t_5^{обп} &= t_7^{обп} + t_{7-5} = 0 + 8 = 8; \\
 t_4^{обп} &= t_6^{обп} + t_{6-4} = 6 + 15 = 21; \\
 t_3^{обп} &= t_7^{обп} + t_{7-3} = 0 + 10 = 10; \\
 t_4^{обп} &= t_6^{обп} + t_{6-4} = 6 + 15 = 21; \\
 t_3^{обп} &= t_7^{обп} + t_{7-3} = 0 + 10 = 10; \\
 t_3^{обп} &= t_5^{обп} + t_{5-3} = 8 + 20 = 28; \\
 t_2^{обп} &= t_5^{обп} + t_{2-5} = 8 + 12 = 20; \\
 t_1^{обп} &= t_2^{обп} + t_{2-1} = 20 + 4 = 24; \\
 t_1^{обп} &= t_3^{обп} + t_{3-1} = 28 + 8 = 36; \\
 t_1^{обп} &= t_4^{обп} + t_{4-1} = 21 + 10 = 31; \\
 t_0^{обп} &= t_1^{обп} + t_{1-0} = 36 + 3 = 39.
 \end{aligned}$$

Тогда поздние допустимые сроки свершения событий могут быть определены:

$$t'_j = \lambda_{кр} - t_i^{обп}.$$

Определяем поздние допустимые сроки свершения событий:

$$\begin{aligned}
 t'_0 &= \lambda_{кр} - t_0^{обп} = 39 - 39 = 0; \\
 t'_1 &= \lambda_{кр} - t_1^{обп} = 39 - 36 = 3; \\
 t'_2 &= \lambda_{кр} - t_2^{обп} = 39 - 20 = 19; \\
 t'_3 &= \lambda_{кр} - t_3^{обп} = 39 - 28 = 11; \\
 t'_4 &= \lambda_{кр} - t_4^{обп} = 39 - 21 = 18; \\
 t'_5 &= \lambda_{кр} - t_5^{обп} = 39 - 8 = 31; \\
 t'_6 &= \lambda_{кр} - t_6^{обп} = 39 - 6 = 33; \\
 t'_7 &= \lambda_{кр} - t_7^{обп} = 39 - 0 = 39.
 \end{aligned}$$

Определив ранние достижимые и поздние допустимые сроки свершения событий, можно рассчитать резервы времени по работам и учитывать, что в зависимости от начала (позднего или раннего) и окончания (позднего или раннего) работ в сетевой модели могут возникать четыре вида резервов времени: полный, свободный, независимый, поздний.

4. РАСЧЕТ РЕЗЕРВОВ ВРЕМЕНИ ПО РАБОТАМ

Если в сетевой модели предшествующая работа заканчивается по раннему достижимому сроку ($t_i^{(0)}$), а последующая работа начинается по позднему допустимому сроку (t_j'), то при этом будет возникать полный резерв времени (R^n), для определения которого можно воспользоваться формулой:

$$R^n = t_j' - (t_i^{(0)} + t_{ij})$$

Полный резерв дает возможность студенту определить, на какой срок можно изменить начало работы или растянуть продолжительность ее выполнения без угрозы срыва срока окончания всей разработки, представленной в виде сетевой модели:

$$\begin{aligned} R_{0-1}^n &= t_1' - (t_0^{(0)} + t_{0-1}) = 3 - (0 + 3) = 0; \\ R_{1-2}^n &= t_2' - (t_1^{(0)} + t_{1-2}) = 19 - (3 + 4) = 12; \\ R_{1-3}^n &= t_3' - (t_1^{(0)} + t_{1-3}) = 11 - (3 + 8) = 0; \\ R_{1-4}^n &= t_4' - (t_1^{(0)} + t_{1-4}) = 18 - (3 + 10) = 5; \\ R_{2-5}^n &= t_5' - (t_2^{(0)} + t_{2-5}) = 31 - (7 + 12) = 12; \\ R_{3-5}^n &= t_5' - (t_3^{(0)} + t_{3-5}) = 31 - (11 + 20) = 0; \\ R_{3-7}^n &= t_7' - (t_3^{(0)} + t_{3-7}) = 39 - (11 + 10) = 18; \\ R_{4-6}^n &= t_6' - (t_4^{(0)} + t_{4-6}) = 33 - (13 + 15) = 5; \\ R_{5-7}^n &= t_7' - (t_5^{(0)} + t_{5-7}) = 39 - (31 + 8) = 0; \\ R_{6-7}^n &= t_7' - (t_6^{(0)} + t_{6-7}) = 39 - (28 + 6) = 5. \end{aligned}$$

Если в сетевой модели использованы ранее достижимые сроки предшествующей ($t_i^{(0)}$) и последующей ($t_j^{(0)}$) работы, то будет возникать свободный резерв времени, определяемый по формуле:

$$R_{св} = t_j^{(0)} - (t_i^{(0)} + t_{ij})$$

Произведем расчет для определения свободного резерва времени.

$$\begin{aligned}
R_{c6_{0-1}} &= t_1^{(0)} - (t_0^{(0)} + t_{0-1}) = 3 - (0 + 3) = 0; \\
R_{c6_{1-2}} &= t_2^{(0)} - (t_1^{(0)} + t_{1-2}) = 7 - (3 + 4) = 0; \\
R_{c6_{1-3}} &= t_3^{(0)} - (t_1^{(0)} + t_{1-3}) = 11 - (3 + 8) = 0; \\
R_{c6_{1-4}} &= t_4^{(0)} - (t_1^{(0)} + t_{1-4}) = 13 - (3 + 10) = 0; \\
R_{c6_{2-5}} &= t_5^{(0)} - (t_2^{(0)} + t_{2-5}) = 31 - (7 + 12) = 12; \\
R_{c6_{3-5}} &= t_5^{(0)} - (t_3^{(0)} + t_{3-5}) = 31 - (11 + 20) = 0; \\
R_{c6_{3-7}} &= t_7^{(0)} - (t_3^{(0)} + t_{3-7}) = 39 - (11 + 10) = 18; \\
R_{c6_{4-6}} &= t_6^{(0)} - (t_4^{(0)} + t_{4-6}) = 28 - (13 + 15) = 0; \\
R_{c6_{5-7}} &= t_7^{(0)} - (t_5^{(0)} + t_{5-7}) = 39 - (31 + 8) = 0; \\
R_{c6_{6-7}} &= t_7^{(0)} - (t_6^{(0)} + t_{6-7}) = 39 - (28 + 6) = 5.
\end{aligned}$$

Если в сетевой модели предполагается, что предшествующая работа заканчивается по позднему допустимому сроку (t_i'), а последующая начинается по раннему достижимому сроку ($t_i^{(0)}$), то возникающий при этом независимый резерв времени ($R_{нез}$) должен определяться по формуле:

$$R_{нез} = t_j^{(0)} - (t_i' + t_{ij}).$$

Определим для нашего примера независимый резерв времени:

$$\begin{aligned}
R_{нез_{0-1}} &= t_1^{(0)} - (t_0' + t_{0-1}) = 3 - (0 + 3) = 0; \\
R_{нез_{1-2}} &= t_2^{(0)} - (t_1' + t_{1-2}) = 7 - (3 + 4) = 0; \\
R_{нез_{1-3}} &= t_3^{(0)} - (t_1' + t_{1-3}) = 11 - (3 + 8) = 0; \\
R_{нез_{1-4}} &= t_4^{(0)} - (t_1' + t_{1-4}) = 13 - (3 + 10) = 0; \\
R_{нез_{2-5}} &= t_5^{(0)} - (t_2' + t_{2-5}) = 31 - (7 + 12) = 12; \\
R_{нез_{3-5}} &= t_5^{(0)} - (t_3' + t_{3-5}) = 31 - (11 + 20) = 0; \\
R_{нез_{3-7}} &= t_7^{(0)} - (t_3' + t_{3-7}) = 39 - (11 + 10) = 18; \\
R_{нез_{4-6}} &= t_6^{(0)} - (t_4' + t_{4-6}) = 28 - (13 + 15) = 0; \\
R_{нез_{5-7}} &= t_7^{(0)} - (t_5' + t_{5-7}) = 39 - (31 + 8) = 0; \\
R_{нез_{6-7}} &= t_7^{(0)} - (t_6' + t_{6-7}) = 39 - (28 + 6) = 5.
\end{aligned}$$

Если же в сетевой модели предусмотрено начало и окончание работ по поздним срокам, то возникающий при этом поздний резерв времени (R') должен быть определен по формуле:

$$R' = t'_j - (t'_i + t_{ij});$$

$$R'_{0-1} = t'_1 - (t'_0 + t_{0-1}) = 3 - (0 + 3) = 0;$$

$$R'_{1-2} = t'_2 - (t'_1 + t_{1-2}) = 19 - (3 + 3) = 13;$$

$$R'_{1-3} = t'_3 - (t'_1 + t_{1-3}) = 11 - (3 + 8) = 0;$$

$$R'_{1-4} = t'_4 - (t'_1 + t_{1-4}) = 18 - (8 + 10) = 0;$$

$$R'_{2-5} = t'_5 - (t'_2 + t_{2-5}) = 31 - (19 + 12) = 0;$$

$$R'_{3-5} = t'_5 - (t'_3 + t_{3-5}) = 31 - (11 + 20) = 0;$$

$$R'_{3-7} = t'_7 - (t'_3 + t_{3-7}) = 39 - (11 + 10) = 8;$$

$$R'_{4-6} = t'_6 - (t'_4 + t_{4-6}) = 33 - (18 + 15) = 0;$$

$$R'_{5-7} = t'_7 - (t'_5 + t_{5-7}) = 39 - (31 + 8) = 0;$$

$$R'_{6-7} = t'_7 - (t'_6 + t_{6-7}) = 39 - (33 + 6) = 0.$$

Поздний резерв времени по работам дает возможность видеть, на какую величину времени можно переместить начало работы, или растянуть продолжительность ее выполнения, чтобы не сорвать поздний допустимый срок наступления последующего события, если предшествующее событие произошло в самый поздний срок.

В зависимости от условий начала и окончания работ в дипломном проекте рассчитывается один вид резерва времени по некритическим работам, а затем производится оптимизация сетевой модели за счет имеющихся резервов времени. Чаще всего рассчитывается полный резерв времени.

Расчеты резервов времени можно производить либо по формулам, либо на основе составленной таблицы (табл. 5).

Таблица 5. Расчет полного резерва времени

Код работ	Продолжительность работ, дней	Ранние сроки $t_i^{(0)}$	$t_i^{(0)} + t_{ij}$	Поздние сроки, t_i'	$R_{полн}$
0-1	3	3	3	3	0
1-2	4	7	7	19	12
1-3	8	11	11	11	0
1-4	10	13	13	18	5
2-5	12	19	19	31	12
3-5	20	31	31	31	0
3-7	10	21	21	39	18
4-6	15	28	28	33	5
5-7	8	39	39	39	0
6-7	6	34	34	39	5

Аналогично могут быть рассчитаны все другие виды резервов времени по

работам, параллельным критическим.

5. АЛГОРИТМ РУЧНОГО СЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

По основе правил сокращения продолжительности критических работ производится оптимизация сетевой модели: работа критическая – (R_{1-3}) может быть сокращена за счет резерва по параллельной ей некритической работе (R_{1-2}), например, на три единицы времени; работа критическая (R_{3-5}) может быть сокращена за счет резерва работы (R_{2-5}) на 10 единиц времени; работа критическая (R_{5-7}) – на пять единиц времени.

Следовательно, продолжительность критического пути может быть сокращена на 18 единиц времени ($3+10+5$) и составит 21 единицу времени ($39-18$).

В процессе оптимизации сетевой модели необходимо особое внимание обратить на тот факт, что необходимо учитывать возможность использования полученных в результате расчета сетевой модели формальных резервов времени. Если работы взаимозаменяемы, то возможно использовать резервы времени для оптимизации сетевой модели: например, по работам R_{5-7} ; R_{3-7} ; R_{6-7} производятся одни и те же виды работ – токарная обработка конструктивно подобных деталей. Однако этими же резервами нельзя будет воспользоваться, если на указанных работах выполняются разнородные технологические операции: например, по работе R_{5-7} выполняется фрезерная операция; по работе R_{3-7} токарная; по работе R_{6-7} сверлильная.

Все расчетные характеристики сетевой модели могут быть определены на основе алгоритма ручного счета параметров сети. При этом следует помнить, что алгоритм ручного счета должен содержать столько столбцов, сколько событий в сетевом графике плюс еще 3 столбца (табл.6).

В первой строке и второй колонке необходимо проставить номера всех события от «0» до последнего события «n».

Продолжительность работ необходимо проставить над диагональю в

клетках, образованных пересечением строки с индексом работы предшествующей и столбца с индексом работы последующей.

Например, для работы (R_{0-1}), продолжительность которой – 5 единиц времени должна быть проставлена в клетке на пересечении столбца с индексом «1» и строки с индексом «0».

Затем необходимо определить ранние сроки свершения событий, то есть заполнить колонку ($t_i^{(0)}$), записав: $t_0^{(0)} = 0$.

Для определения ($t_l^{(0)}$) других работ ориентируемся на колонку $j = 1$, в которой единственный элемент в нулевой строке – 3. Это означает, что первому событию предшествует единственное событие – нулевое (0) и R_{0-1} продолжительность работы 0-1 равна 3 единицы времени.

Необходимо сложить по строке $t_0^{(0)} = 0$ и $t_{0-1} = 3$, которое равно раннему сроку свершения первого события $t_l^{(0)} = 3$.

Таблица 6. Алгоритм ручного счета параметров сетевого графика

$t_i^{(0)}$	$i \backslash j$	0	1	2	3	4	5	6	7	$t_i^{обп}$
0	0		3							39
3	1			4	8	10				36
7	2				1		12			20
11	3						20		10	28
13	4							15		21
31	5								8	8
28	6								6	6
39	7									0
t_i'		0	3	19	11	18	31	32	39	

$t_i' - t_i^{(0)}$		0	0	12	0	5	0	6	0	
--------------------	--	---	---	----	---	---	---	---	---	--

Для определения раннего срока свершения второго события необходимо ориентироваться на колонку $j = 2$, в которой единственный элемент «4» в строке «2» означает, что событию «2» предшествует единственное событие «1» и работа R_{1-1} , продолжительность которой равна «4». Необходимо просуммировать: $t_1^{(0)} = 3$ и $t_{1-4} = 4$, получаем $t_2^{(0)} = 7$.

Для определения раннего срока свершения события «3» аналогично складываем по строке второй $t_2^{(0)} = 7$ и $t_{1-3} = 8$, получаем $t_3^{(0)} = 15$ и $t_4^{(0)} = 25$.

В колонке $j = 5$ содержится два элемента: $t_{2-5} = 12$, $t_{3-5} = 20$, которые необходимо сложить с $t_2^{(0)} = 7$ и $t_3^{(0)} = 15$. Из полученных двух сумм $t_5^{(0)} = t_2^{(0)} + t_{2-5} = 7 + 12 = 19$ и $t_5^{(0)} = t_3^{(0)} + t_{3-5} = 15 + 20 = 35$ выбираем наибольшее значение – $t_5^{(0)} = 35$.

Аналогично должны быть определены ранние сроки свершения всех событий в сетевой модели.

На следующем этапе необходимо определить ранние сроки свершения событий при обратном счете, то есть заполнить колонку $t_i^{обп}$, причем счет необходимо вести снизу вверх и учитывать максимальную сумму не по колонке, а по строке.

В строке $i = 7$ необходимо записать нуль. В строке $i = 6$ единственный элемент «6» в колонке $j = 6$, что означает, что к событию «6» от события «7» ведет единственная работа R_{7-6} продолжительностью 6. Необходимо сложить: $0 + 6$ и результат записать в строке – $i = 6$.

Аналогично при $i = 5$ работа R_{7-5} продолжительностью «8» ведет от вершины «7» к событию «5». Необходимо сложить «0 + 8» и результат записать в строке $i = 5$. При $i = 4$ работа R_{6-4} продолжительностью 15 ведет от вершины «6» к событию «4»; складываем $6 + 15$ и результат записываем в строке – $i = 4$.

В строке $i = 3$ – две заполненные клетки, это означает, что к событию «3» идут две работы от вершины «5» продолжительностью 20 и от вершины «7»

продолжительностью 10. Определяем сумму: $t_5^{обп} + t_{5-3} = 28$ и $t_7^{обп} + t_{7-3} = 0 + 10 = 10$ и выбираем наибольшее число, которое записываем в строке $i = 3$ и т.д. до $i = 0$.

Поздние сроки свершения событий необходимо записать в предпоследней строке – в строке t_i' . Для этого из длины критического пути, равного 39, необходимо вычесть последовательно (сверху вниз) значения ранних сроков свершения событий при обратном счете $t_i^{обп}$, а результат записывать слева направо в строке t_i' .

Заполнение последней строки $t_i' - t_i^{обп}$ дает возможность определить работы, лежащие на критическом пути, т.е. события с жесткими сроками (не имеющими резервов) времени.

События с жесткими сроками определяют критический путь сетевой модели, который необходимо выделить на графике другим цветом или жирной линией.

Зная критический путь, необходимо рассчитать резервы времени по работам. Все резервы времени должны располагаться под диагональю в клеточках, образованных пересечением колонки с индексом предшествующей работы и строки с индексом последующей работы.

Для работы 0-1 ее продолжительность должна быть проставлена под диагональю в клетке, образованной пересечением столбца с индексом «0» и строки – «1».

Поскольку различают 4 вида резервов времени по работам, их необходимо располагать согласно схеме (рис. 10).

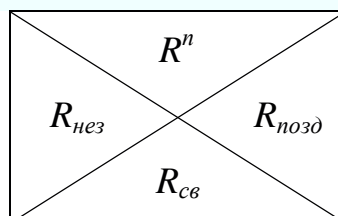
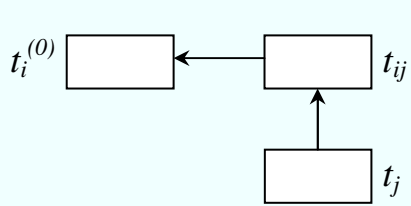
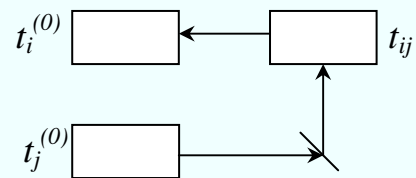


Рис. 10. Схема расположения резервов времени

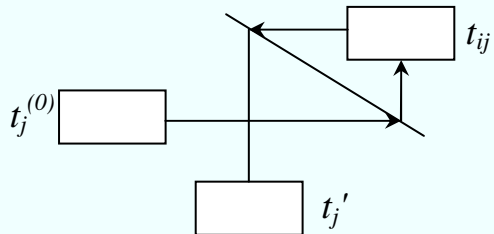
Для расчета резервов времени можно воспользоваться схемами алгоритма ручного счета, представленными на рис. 11 а, б, в, г.



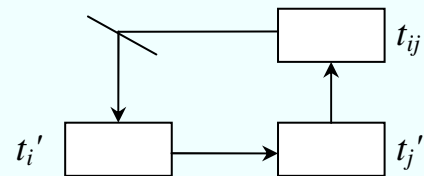
а) полный резерв



б) свободный резерв



в) независимый резерв



г) поздний резерв

Рис. 11. Алгоритм ручного расчета резервов времени

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лейбкинд Ю., Суворов Б. Метод сетевого планирования и управления. – М.: Экономика, 1975. – 150 с.
2. Глазман И.М., Новиков В.Г. Основы сетевого планирования и управления. – Харьков: Изд-во ХГУ, 1970. – 80 с.
3. Валовельская С.Н. Математические методы сетевого планирования. – Харьков: Изд-во ХГУ, 1964. – 98 с.
4. Основные положения по разработке и применению систем сетевого планирования и управления. Межотраслевые инструктивно-методические материалы. – М.: Экономика, 1991. – 84 с.
5. Разумов И.М., Белова Л.Д., Ипатов М.И., Проскураков А.В. Сетевые графики в планировании. – М.: Высшая школа, 1991. – 215 с.
6. Смоловик Р.Ф. Сетевые методы планирования. – НТУ «ХПИ», Харьков, 1984, 25 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1[3]

Содержание этапов технической подготовки производства

Номер этапа	Наименование и содержание этапа
1	Техническое задание – документ, устанавливающий основное назначение, технические характеристики, показатели качества и технико-экономические требования, предъявляемые к разрабатываемому изделию
2	Техническое предложение – совокупность конструкторских документов, разрабатываемых на основе анализов технического задания и содержащих технико-экономическое обоснование целесообразности разработки изделия, сравнительную оценку конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также патентных материалов
3	Эскизный проект – совокупность конструкторских документов, содержащих принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве, принципе работы основных периметров и габаритных размерах разрабатываемого изделия
4	Технический проект – совокупность конструкторских документов, содержащих окончательные технические решения и дающих полное представление об устройстве разрабатываемого изделия
5	Рабочая документация – совокупность исполнительных конструкторских документов, по которым изготавливается изделие в производстве. Рабочая документация составляется на опытный образец (опытную партию), установочную серию изделий или изделия установившегося серийного и массового производства

Приложение 2[3]

Характеристика степени новизны изделия

Номер группы	Характеристика группы
1	Объекты, являющиеся воспроизведением действующих машин с несущественными конструктивными элементами
2	Объекты, являющиеся конструктивной модификацией, а также модернизацией ранее освоенных машин
3	Объекты с новыми размерными параметрами и многими новыми техническими решениями
4	Объекты со всеми новыми параметрами и экспериментальной проверкой принятых конструктивных решений
5	Объекты, предусматривающие превышение принципиально новых электрических, гидравлических схем, электроники, счетно-решающих устройств, программного управления и т.д., а также объекты, предназначенные для выполнения принципиально новых технологических операций, дающие большой экономический эффект и проектируемые с проведением исследовательских и опытных работ

Приложение 3[3]

Распределение объектов конструирования по группам сложности

Группа	Характеристика группы
А	Изделия с простой кинематической схемой, у которых основные и вспомогательные процессы не автоматизированы, с нерегулируемыми скоростями главного движения и подачи
Б	Станки и машины со ступенчатым регулированием скорости и подачи. Управление механизмами централизовано
В	Станки и машины, кинематика которых представляет ступенчатое и бесступенчатое регулирование скоростей при централизованном, но не автоматическом управлении. Перемещение механизмов осуществляется с применением механических и электрических устройств, имеющих сравнительно простую схему. Вспомогательные операции не автоматизированы
Г	Изделия, станки со сложной кинематической схемой, рабочие и вспомогательные процессы полностью автоматизированы
Д	Объекты с программным или адаптивным управлением, многоинструментальные станки с числовым программным управлением. Кинетически сложные узлы и механизмы с применением автоматики на основе специальных схем; узлы и механизмы с применением электроники и оптически следящих устройств, приборы и аппараты для контроля процессов, использующих радиоактивные элементы

Приложение 4[3]

**Укрупненные нормативы длительности конструкторской подготовки
производства**

Трудоемкость конструкторской подготовки производства, ч	Длительность этапа в месяцах		
	технический проект	рабочий проект	всего
До 2 000	1,5	1,5	2,0
2 000 – 4 000	2,5	2,5	3,0
4 000 – 6 000	3,0	3,0	4,0
8 000 – 10 000	3,5	3,5	6,0
10 000 – 15 000	4,0	4,5	7,0
12 000 – 20 000	4,5	5,0	8,0

Приложение 5[3]

Характеристика групп сложности деталей

Группа	Характеристика группы
I	Детали, изображенные при помощи одной или двух простых проекций, с числом размеров не более четырех
II	Детали, изображенные при помощи двух или трех простых проекций, с числом размеров не более восьми
III	Сложные детали, изображенные при помощи двух или трех проекций, обработка которых связана с применением различных способов, и унифицированные или стандартизованные элементы деталей
IV	Детали сложной формы, требующие выполнения сложных и специальных расчетов
V	Детали сложных форм с пространственным расположением сопрягаемых поверхностей, требующие выполнения сложных и специальных расчетов

Приложение 6[3]

**Укрупненные нормы времени на конструкторские работы
(на одну условную деталь)**

Категория сложности конструируемого объекта	Единицы измерения	Группа новизны	Коэффициент	Простая			Сложная			Особо сложная		
Группа конструктивной сложности				1	2	3	4	5	6	7	8	9
Коэффициент сложности				1	1,15	1,35	1,54	1,8	2,06	2,63	2,91	3,37
Укрупненные нормы времени (на 1 условную деталь) по этапам проектирования в чел. –ч.	Условная деталь	1	1	4,6	5,3	6,2	7,1	8,3	9,5	11	12,1	13,4
		2	1,2	5,6	6,3	7,4	8,5	10	11,4	13,2	14,5	16,0
		3	1,4	6,4	7,4	8,7	9,9	11,6	13,3	15,4	16,9	18,7
		4	1,6	7,3	8,5	9,9	11,3	13,3	15,2	17,6	19,4	21,4
		5	1,8	8,3	9,5	11,1	12,8	14,9	17,1	19,8	21,2	24,0
		6	2	9,2	10,6	12,4	14,2	16,6	19,0	22,0	24,2	26,8
				Вес конструируемого изделия, т								
Поправочный коэффициент на вес конструкции		До 10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100	100-150	150-250	>250	
		1	1,01	1,08	1,12	1,15	1,18	1,2	1,22	1,24	1,25	

Приложение 7[3]

Расчет стоимости человеко-дня по категориям исполнителей для
определения стоимости работ при оформлении договора с заказчиком

Наименование должностей	Оклад, руб.	Средний оклад для расчета, руб.	Средне-годовое количество рабочих дней в месяце	Средняя зарплата одного исполнителя в день, руб.	Накладные расходы (125%)	Итого стоимость одного человеко-дня, руб.
Начальник лаборатории	240-260	250	21,5	11-63	14-54	26-17
Начальник сектора	200-240	220	21,5	10-23	12-79	23-02
Ведущий инженер	165-190	180	21,5	8-37	10-46	18-83
Старший инженер	140-170	160	21,5	7-44	9-30	16-74
Инженер	110-135	125	21,5	5-81	7-27	13-08
Старший техник	90-110	100	21,5	4-65	5-81	10-46
Техник	75-90	85	21,5	3-95	4-94	8-89
Конструктор I категории	165-190	180	21,5	8-37	10-46	18-83
Конструктор II категории	140-165	155	21,5	7-21	9-01	16-22
Конструктор III категории	120-140	130	21,5	6-05	7-56	13-61
Старший мастер-наладчик	125-145	135	21,5	6-27	7-84	14-11
Мастер	90-110	100	21,5	4-65	5-81	10-46
Чертежник	65-80	75	21,5	3-49	4-36	7-85
Копировщица	60	60	21,5	2-79	3-49	6-28
Лаборант	75-90	85	21,5	3-95	4-94	8-81

Примечание. Стоимость человеко-дня установлена из следующего расчета: 21,5 дней в месяц (365 дней за вычетом 107 дней – субботы, воскресенья и праздники).

Приложение 8[3]

Стоимость чертежно-конструкторских работ

Формат	Группа сложности деталей	Норма времени, ч	Расценка
11	I	2,7	1,6
	II	3,4	2,4
	III	4,0	3,1
	IV	4,6	3,9
	V	5,1	4,6
12	I	5,2	3,1
	II	6,7	4,6
	III	7,8	6,1
	IV	9,0	8,1
	V	10,3	10,2
22	I	10,4	6,3
	II	13,0	9,1
	III	15,0	11,8
	IV	18,6	14,9
	V	20,8	18,9
24	I	20,0	12,6
	II	27,2	18,7
	III	31,3	24,4
	IV	46,7	30,6
	V	50,6	38,7
44	I	39,6	25,2
	II	54,8	38,0
	III	62,0	50,2
	IV	93,4	61,4
	V	101,2	78,2

Примечания: 1. Приведенные нормы включают, кроме конструкторских работ, копировальные, светокопировальные, проверочные и другие работы.

2. Затраты времени на контроль чертежей составляют в среднем 10 % от времени конструирования.

Приложение 9[3]

Характеристика групп сложности деталей,
подлежащих механической обработке

Номер групп	Характеристика группы	Типовые представления
I	Детали простых форм и небольших габаритных размеров, не требующие расчетов и имеющие вспомогательное значение в конструкции изделия с обработкой по 6,7-му классам точности, с количеством операций до четырех	Гладкие валики, простые втулки, шайбы, кольца, планки, клинья, простые рычаги, простые маховики и рукоятки, ролики, вкладыши, накладки, болты, винты, шпильки и т.д.
II	Детали простых форм, требующие специальных расчетов с количеством операций до 8-10, с обработкой по 3,4-му классам точности	Валики двух- и трехступенчатые, одновенцовые цилиндрические колеса, однозаходные червяки, рейки, фланцы, шестерни 3-го класса точности и т.д.
III	Сложные детали, требующие специальных расчетов, с сочетанием простых и сложных (кривых) поверхностей, с количеством операций до 20, с обработкой по 2-му классу точности	Валики длинные многоступенчатые с двусторонней резьбой, винты ходовые, многозаходные червяки, резьбовые кольца, болты специальные, пустотелые гнезда размером свыше 100 мм, корпуса резонаторов, фланцы полноводные с дроссельной канавкой, рычаги, вилки и кронштейны средней сложности, втулки и стаканы сложной конфигурации и т.д.
IV	Детали сложной конфигурации, требующие выполнения специальных расчетов, с обработкой по 1, 2-му классам точности, с количеством операций до тридцати	Червячные пары, распределительные валики, сложные корпуса, цилиндры, детали средних габаритных размеров, специальные зубчатые колеса и т.д.
V	Детали сложных форм с пространственным расположением сопрягаемых поверхностей, требующие выполнения сложных и специальных расчетов, с обработкой по 1-му и выше классам точности, с количеством операций свыше тридцати	Винты ходовые к прецизионным координатно-расточным станкам, корпуса роторов с толщиной стенок 0,3-0,4 мм, кронштейны сложной конфигурации с неустойчивым креплением, корпуса-гильзы и шпиндели трубо- и муфтонарезных патронов и головок, шестерни крупномодульные диаметром свыше 500 мм, сложные вилки, рычаги, крышки размером 2 000 x 2 000 мм и т.д.

Приложение 10[3]

Стоимость разработки технологических процессов
всех видов обработки деталей

Группы сложности деталей	Вид технологического процесса	Норма времени, ч	Расценка, руб.
I	Укрупненный	1,2	3,77
II		3,0	2,44
III		6,4	5,45
IV		11,8	11,20
V		17,3	17,00
I	Операционный	2,9	2,48
II		7,7	5,92
III		17,3	15,90
IV		29,7	27,00
V		45,9	41,23
I	Укрупненный (механическая обработка)	0,9	0,65
II		1,4	1,12
III		2,5	2,02
IV		3,0	2,87
V		4,1	3,94
I	Операционный (механическая обработка)	1,8	1,70
II		2,8	2,60
III		4,2	2,08
IV		5,3	6,00
V		9,9	9,22

Приложение 11[3]

Нормы на конструирование, контроль, нормализационный контроль сверку калек и подсчет массы режущего, вспомогательного и измерительного инструмента

Группа сложности	Конструирование общего вида	Контроль общего вида и детализировки	Нормализационный контроль общего вида и детализировки	Сверка калек и сбор подписей	Подсчет массы инструмента	Поправочный коэффициент к нормам на конструирование и контроль		
						На что применяется коэффициент	Величина коэффициента	
							конструирование	контроль
Норма времени, ч								
I	5,2	0,85	0,2	0,2	0,35	Использование типовых решений и клише	до 0,20	-
II	14,6	2,00	0,5	0,5	0,70	Масштаб чертежа	1,15	1,15
III	25,2	3,70	0,9	0,9	1,35	Доработка чертежа после контроля (нормализационного и технического)	1,25	-
IV	45,8	6,80	1,7	1,7	2,70	Унифицированная конструкция	до 1,50	до 1,50
						Универсальная конструкция	до 2,50	до 2,50

Приложение 12[3]

Норма на конструирование, контроль, нормализационный контроль, сверку калек, подсчет массы приспособлений для механообработки, сборки горячих и холодных штампов, индукторов и сварочных приспособлений

Группа сложности	Конструирование общих видов	Контроль общих видов и детализировки	Нормализационный контроль общего вида и детализировки	Сверка калек и сбор подписей	Подсчет массы оснастки	Поправочный коэффициент к нормам на конструирование и контроль		
						На что применяется коэффициент	Величина коэффициента	
							конструирование	контроль
Норма времени, ч								
I	5,10	2,2	0,5	0,5	0,70	Использование типовых решений	до 0,20	-
II	16,20	6,3	1,7	1,7	2,40	Масштаб чертежа	до 1,15	до 1,15
III	38,20	15,1	3,8	3,8	5,60	Формат чертежа	до 1,25	-
IV	70,10	28,0	7,0	7,0	10,40	Доработка чертежа после контроля (нормализационного и технического)	до 1,25	-
V	108,75	44,0	10,9	10,9	16,50	Сварочная конструкция	-	до 1,20
VI	151,20	60,6	15,1	15,1	22,65	Унифицированная конструкция	до 1,50	до 1,50
						Универсальная конструкция	до 2,50	до 2,50

Приложение 13[3]

Норма на детализацию чертежей – общих видов приспособлений, штампов, литейной оснастки, узлов нестандартного оборудования и спецстанков

Наименование работы		Группа сложности					
		1	2	3	4	5	6
		Норма на один формат, ч					
Рабочие чертежи	Формат 11	0,5	0,85	1,5	-	-	-
	Формат 12	0,7	1,30	2,0	3,4	-	-
	Формат 22	1,0	2,00	3,7	4,7	5,60	-
	Формат 24	-	3,60	7,0	11,0	17,75	-
	Формат 44	-	6,50	10,5	15,0	35,0	76,0
Разбор общего вида перед детализацией (группа сложности определяется по группе сложности общего вида приспособлений и штампов)		-	2,10	3,3	4,3	4,70	6,8

Приложение 14[3]

Характеристика группы сложности специальных приспособлений и
укрупненные нормативы их стоимости

Номер группы	Характеристика группы	Количество наименований деталей	Стоимость приспособления, грн.
1	2	3	4
I	Мелкие приспособления с простыми корпусами, простой и средней сложности: по принципу действия преимущественно с простыми зажимами. К этой группе относятся различные подставки, простые оправки, сменные губки и т.п.	не более 5	до 9
II	Приспособления средних размеров с простыми корпусами средней сложности, простого действия, преимущественно с зажимами простыми и средней сложности. Сюда относятся патроны для инструментов, режимные справки и т.п.	3-5 5-10 10-15	9-17 17-30 30-45
III	1. Мелкие приспособления со сложными корпусами, средние приспособления с двух- и трехстенными корпусами или крупные приспособления с простыми корпусами простого действия с различными зажимами. 2. Мелкие приспособления с корпусами средней сложности, сложного или средней сложности принципа действия, с зажимами простыми и средней сложности.	10-15 15-20 20-25	45-62 62-80 80-95
IV	1. Мелкие приспособления со сложными корпусами и средние приспособления с двух- и трехстенными корпусами; сложного и средней сложности действия с зажимами простыми и средней сложности. 2. Крупные приспособления с корпусами средней сложности, а также средние приспособления со сложными корпусами; простого действия с различными зажимами.	20-25 25-30 30-35 35-40	125-145 145-175 175-190 190-215

Продолжение приложения 14[3]

1	2	3	4
V	<p>1. Средние приспособления со сложными корпусами; сложного действия преимущественно с зажимами сложными и средней сложности.</p> <p>2. Крупные приспособления со сложными корпусами; простого действия с зажимами средней сложности и простыми.</p> <p>3. Крупные приспособления с двух- и трехстенными корпусами: сложного действия с зажимами средней сложности и простыми</p>	<p>35-40</p> <p>40-45</p> <p>45-50</p> <p>50-55</p>	<p>300-335</p> <p>335-350</p> <p>360-390</p> <p>390-415</p>
VI	<p>1. Крупные приспособления с многостенными сложными корпусами преимущественно сложного действия, с зажимами сложными и средней сложности.</p> <p>2. Крупные и средние по габаритам приспособления с электромагнитными, пневматическим или гидравлическим действием, требующие сложных расчетов</p>	<p>50-55</p> <p>55-60</p> <p>60-65</p> <p>65-70</p> <p>70-75</p> <p>75-80</p> <p>80-85</p> <p>85-90</p> <p>90-95</p>	<p>610-640</p> <p>640-690</p> <p>690-735</p> <p>735-765</p> <p>765-810</p> <p>810-850</p> <p>850-880</p> <p>880-925</p> <p>925-965</p>

Приложение 15[3]

Характеристика группы сложности форм для точного литья
и литья под давлением

Номер группы	Характеристика группы
1	2
I	Простые конструкции форм для точного литья с разъемом по прямой плоскости без вкладышей и отливок простой конфигурации; формы литья под давлением блочные, наиболее простые.
II	Формы для точного литья средней сложности отливок со сложными разрезами, имеющие вкладыши; формы для литья под давлением блочные с простым разъемом и простой конфигурации без вкладышей; конструкции кокилей для отливок простой конфигурации.
III	Формы для точного литья отливок сложной конфигурации со сложным разъемом со сложными вкладышами; формы для литья под давлением блочные со сложной конфигурацией отливок, со вставками и вкладышами; формы для литья под давлением стационарные для простых отливок без арматуры; кокили для конфигурации отливок средней сложности.
VI	Наиболее сложные формы для литья под давлением со сложными вкладышами и сложным разъемом; формы для литья с клиновыми и гидравлическими стержневытягивателями.
V	Формы для литья под давлением блочные, наиболее сложные и стационарные для отливок сложной конфигурации, с арматурой; кокили для отливок сложной конфигурации с вкладышами

Приложение 16[3]

Должностные оклады и средние часовые ставки инженерно-технических
работников и служащих

Наименование должностей	Месячный оклад, руб.	Средняя часовая ставка, грн. и коп.
1	2	3
Инженеры-конструкторы I категории на предприятиях, изготавливающих особо сложную продукцию.	120-150	0-78,0
Инженеры-конструкторы I категории на предприятиях, изготавливающих сложную продукцию; инженеры-конструкторы II категории на предприятиях, изготавливающих сложную продукцию.	110-140	0-72,2
Инженеры-конструкторы II категории на предприятиях, изготавливающих сложную продукцию; старшие инженеры всех специальностей; инженеры-конструкторы III категории на предприятиях, изготавливающих сложную продукцию.	105-135	0-69,3
Инженеры-конструкторы II категории на предприятиях, изготавливающих простую продукцию; старшие инженеры всех специальностей; инженеры-конструкторы III категории на предприятиях, изготавливающих сложную продукцию.	100-125	0-65,0
Старшие инженеры всех специальностей; инженеры-конструкторы III категории на предприятиях, изготавливающих простую продукцию; старшие инженеры всех специальностей; инженеры всех специальностей на предприятиях, изготавливающих особо сложную продукцию.	95-120	0-62,1
Инженеры всех специальностей на предприятиях, изготавливающих сложную продукцию.	90-110	0-57,8
Инженеры всех специальностей на предприятиях, изготавливающих простую продукцию.	85-100	0-53,4
Старшие техники всех специальностей.	75-90	0-47,7
Техники всех специальностей.	70-80	0-43,3
Чертежники.	62-65	0-36,2
Светокопировщики, копировщики.	60-62	0-35,2

Примечание. Количество часов за месяц принято среднее – 173,1 ч, из расчета номинального фонда времени – 2077 ч в год при 41-часовой рабочей неделе.

Приложение 17[3]

Категория рабочих	Разряд					
	I	II	III	IV	V	VI
	Тарифный коэффициент					
	1,0	1,09	1,2	1,33	1,5	1,71
	Часовая тарифная ставка					
Прочие рабочие на вредных работах, рабочие-станочники на холодных работах:						
а) сдельщики	0,503	0,548	0,606	0,670	0,754	0,863
б) повременщики	0,471	0,512	0,566	0,627	0,705	0,807
Рабочие-станочники на вредных работах:						
а) сдельщики	0,530	0,576	0,637	0,705	0,794	0,908
б) повременщики	0,495	0,539	0,596	0,659	0,742	0,849
Прочие рабочие на холодных работах:						
а) сдельщики	0,447	0,478	0,539	0,596	0,670	0,767
б) повременщики	0,418	0,455	0,503	0,557	0,627	0,717

Укрупненные нормативы времени на конструкторские работы, ч

Этапы конструирования	Единицы измерения	Группа новизны	Группа сложности					Коэффициент серийности				Вес конструкции, т								
			А	Б	В	Г	Д	С ₁	С ₂	С ₃	С ₄	До 10	10- 12	20- 30	30- 40	40- 60	60- 80	80- 100	100- 150	Более 250
Техническое задание	Проект	I-II	20	32	40	64	100	1,0	1,0	1,3										
		III	24	38	48	76	120													
		IV	26	42	52	84	150													
		V	30	48	60	96	150													
Техническое предложение	Проект	I	50	90	140	225	350	1,0	1,0	1,2	1,3									
		II	65	117	182	293	455													
		III	85	153	238	383	595													
		IV	110	198	308	495	770													
		V	135	243	378	608	945													
Эскизное проектирование	Проект	III	-	202	320	504	782	1,0	1,15	1,3	1,5	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4
		IV	-	230	358	576	898													
		V	-	288	448	720	1120													
Технический проект	Условная деталь	I	1,4	2,1	3,1	4,2	5,4	1,0	1,2	1,4	1,7	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1
		II	1,7	2,5	3,7	5,1	6,4													
		III	2,0	3,0	4,3	5,9	7,5													
		IV	2,4	3,6	5,3	7,2	9,1													
		V	2,8	4,2	6,2	8,5	10,7													
Рабочий проект	Условная деталь	III	3,3	3,9	5,3	7,5	9,9	1,0	1,4	1,4	1,7	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1
		IV	3,8	4,5	6,0	8,7	11,4													
		V	4,3	5,1	0,8	9,8	12,8													

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА.....	5
2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ И ЕЁ ЭЛЕМЕНТЫ	15
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАННИХ ДОСТИЖИМЫХ ($t_i^{(0)}$) И ПОЗДНИХ ДОПУСТИМЫХ (t_i') СРОКОВ СВЕРШЕНИЯ СОБЫТИЙ.....	21
4. РАСЧЕТ РЕЗЕРВОВ ВРЕМЕНИ ПО РАБОТАМ.....	24
5. АЛГОРИТМ РУЧНОГО СЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ...	27
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	32
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	33

Методические указания
по дипломному проектированию:
сетевые методы планирования
для студентов МШ факультета

Составили: Раиса Федоровна Смоловик, проф., канд. экон. наук
Кафедра экономического анализа и учета

Ответственный за выпуск проф. Мехович С.А.

Редактор
Корректор

Подписано в печать

Формат	Бумага тип.	Печать офсетная.
Усл.п.л.	Уч.-изд. л. 1,05.	Тираж 100.
Заказ	Бесплатно	План 2001 г., п. 53.

Редакционно-издательский отдел Харьковского политехнического
института.

Отпечатано на ротапринте НТУ «ХПИ».
61002, Харьков - 2, ул. Фрунзе, 21.